

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

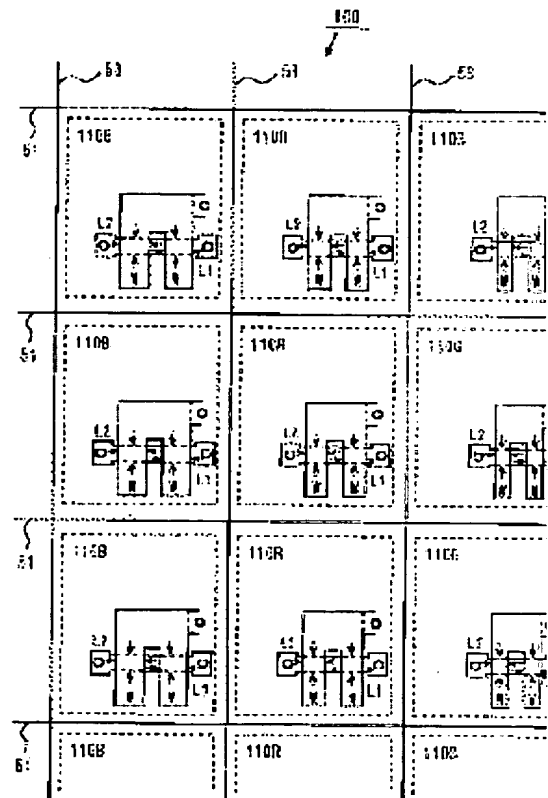
**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

COLOR DISPLAY DEVICE

Patent number: JP2001109399
Publication date: 2001-04-20
Inventor: YAMADA TSUTOMU
Applicant: SANYO ELECTRIC CO LTD
Classification:
 - international: G09F9/30; H01L29/786; H05B33/12; H05B33/14; H05B33/26
 - european:
Application number: JP19990283181 19991004
Priority number(s):

Abstract of JP2001109399

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a display device wherein white balance of each color display pixel can easily be controlled without making a circuit configuration complex.
SOLUTION: This is a display device wherein display pixels 110, each of which is provided with an EL element 60 sequentially laminating an anode 61, an emitting layer 63, and a cathode 66 and emitting each color, and a TFT 40 for driving the EL element supplying a current to each EL display element, are arranged in a matrix form, and as for the sizes (W/L) of the EL element driving transistors TFT 40 connected with respective color display pixels 110R, 110G, 110B, the TFT for the green display pixel 110G having the best luminous efficiency in the luminous layer 63 of the EL element is the smallest, and the TFTs of the display pixels 110G are increased in size in order of red and blue as their luminous efficiencies become lower.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-109399
(P2001-109399A)

(43) 公開日 平成13年4月20日 (2001.4.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 9 F 9/30	3 3 8	G 0 9 F 9/30	3 3 8 3 K 0 0 7
H 0 1 L 29/786		H 0 5 B 33/12	B 5 C 0 9 4
H 0 5 B 33/12		33/14	A 5 F 1 1 0
33/14		33/26	Z
33/26		H 0 1 L 29/78	6 1 2 B
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-283181

(22) 出願日 平成11年10月4日 (1999.10.4)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 山田 努

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(74) 代理人 100111383

弁理士 芝野 正雅

Fターム(参考) 3K007 AB03 BA06 CA01 CB01 DA02
EA02

5C094 AA06 BA03 BA12 BA29 CA19

CA24 EA03 EA04 EA07 EA10

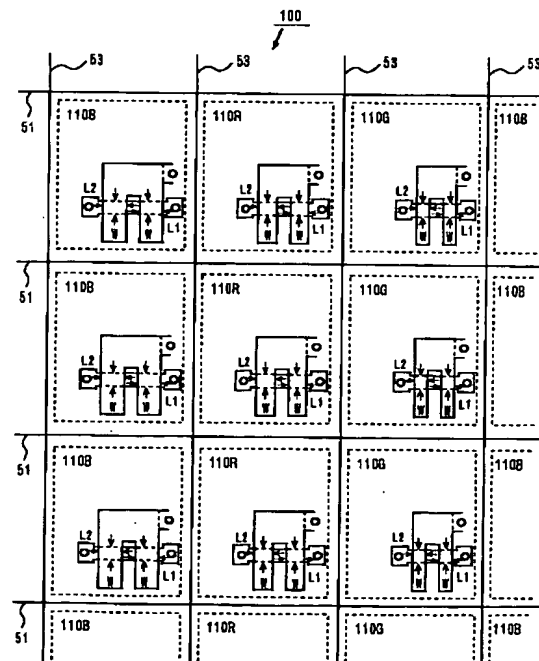
5F110 BB02 CC02 CC08 GG28 GG29

(54) 【発明の名称】 カラー表示装置

(57) 【要約】

【課題】 各色の表示画素のホワイトバランスを回路構成を複雑にすることなくかつ容易に制御することができる表示装置を提供する。

【解決手段】 陽極61、発光層63及び陰極66を順に積層し各色を発光するEL素子60、及び個々のEL表示素子に電流を供給するEL素子駆動用TFT40を備えた表示画素110をマトリクス状に配列された表示装置であって、各色の表示画素110R、110G、110Bに接続されたEL素子駆動用TFT40のトランジスタサイズ(W/L)の大きさは、EL素子の発光層63の発光効率が最もよい緑色の表示画素110GのTFTの場合が最も小さく、発光効率が低い赤色及び青色の表示画素のTFTの順に大きくなっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 各表示画素に、自発光素子と、該自発光素子に接続され電流を供給する駆動用薄膜トランジスタとを備えたカラー表示装置において、いずれかの色の表示画素と他の色の表示画素で前記駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズが異なっていることを特徴とするカラー表示装置。

【請求項2】 各表示画素に、自発光素子と、該自発光素子に電流を供給するタイミングを制御するスイッチング用薄膜トランジスタと、前記自発光素子に接続され電流を供給する駆動用薄膜トランジスタとを備えたカラー表示装置において、いずれかの色の表示画素と他の色の表示画素で前記駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズが異なっていることを特徴とするカラー表示装置。

【請求項3】 前記トランジスタサイズは前記自発光素子の発光効率に応じて設定されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のカラー表示装置。

【請求項4】 発光効率が高い自発光素子に接続された駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズを、発光効率が低い自発光素子に接続された駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズよりも小さくしたことを特徴とする請求項3に記載のカラー表示装置。

【請求項5】 最も発光効率が高い自発光素子に接続された駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズを、他の発光効率の自発光素子に接続された駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズよりも小さくしたことを特徴とする請求項3に記載のカラー表示装置。

【請求項6】 前記最も発光効率が高い自発光素子は緑色であることを特徴とする請求項5に記載のカラー表示装置。

【請求項7】 最も発光効率が低い自発光素子に接続された駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズを、他の発光効率の自発光素子に接続された駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズよりも大きくしたことを特徴とする請求項3に記載のカラー表示装置。

【請求項8】 前記最も発光効率が低い自発光素子は赤色又は青色であることを特徴とする請求項7に記載のカラー表示装置。

【請求項9】 発光効率が低くなるにつれて前記自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズが順に大きくなることを特徴とする請求項3に記載のカラー表示装置。

【請求項10】 前記自発光素子はエレクトロルミネッセンス素子であることを特徴とする請求項1乃至9のうちいずれか1項に記載のカラー表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自発光素子、例えばエレクトロルミネッセンス (Electro Luminescence :

以下、「EL」と称する。)素子と、薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor : 以下、「TFT」と称する。)を備えた表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、自発光素子であるEL素子を用いたEL表示装置が、CRTやLCDに代わる表示装置として注目されている。

【0003】また、そのEL素子を駆動させるスイッチング素子としてTFTを備えた表示装置も研究開発されている。

【0004】図2に有機EL表示装置の等価回路図を示し、図3に有機EL表示装置の表示画素付近を示す平面図を示し、図4(a)に図3中のA-A線に沿った断面図を示し、図4(b)に図3中のB-B線に沿った断面図を示す。また、図5には、有機EL表示装置の表示画素配列を示す。

【0005】図2及び図3に示すように、ゲート信号線51とドレイン信号線52とに囲まれた領域に表示画素110が形成されており、マトリクス状に配置されている。また、両信号線51、52の交点付近にはスイッチング用TFTである第1のTFT30が備えられており、そのTFT30のソース13sは後述の保持容量電極線54との間で容量をなす容量電極55を兼ねるとともに、EL素子駆動用TFTである第2のTFT40のゲート41に接続されている。第2のTFTのソース43sは有機EL素子60の陽極61に接続され、他方のドレイン43dは有機EL素子60に供給される電流源である駆動電源線53に接続されている。

【0006】また、ゲート信号線51と並行に保持容量電極線54が配置されている。この保持容量電極線54はクロム等から成っており、ゲート絶縁膜12を介してTFTのソース13sと接続された容量電極55との間で電荷を蓄積して容量を成している。この保持容量56は、第2のTFT40のゲート電極41に印加される電圧を保持するために設けられている。

【0007】図4に示すように、有機EL表示装置は、ガラスや合成樹脂などから成る基板又は導電性を有する基板あるいは半導体基板等の基板10上に、TFT及び有機EL素子を順に積層形成して成る。ただし、基板10として導電性を有する基板及び半導体基板を用いる場合には、これらの基板10上にSiO₂やSiNなどの絶縁膜を形成した上に第1、第2のTFT及び有機EL表示素子を形成する。

【0008】まず、スイッチング用のTFTである第1のTFT30について説明する。

【0009】図4(a)に示すように、石英ガラス、無アルカリガラス等からなる絶縁性基板10上に、半導体膜(p-Si膜)からなる能動層13、その上にゲート絶縁膜12、及びクロム(Cr)、モリブデン(Mo)などの高融点金属からなるゲート電極11を兼ねたゲー

ト信号線51が順に積層されている。またA1から成るドレイン信号線52を備えており、有機EL素子の駆動電源でありA1から成る駆動電源線53が配置されている。

【0010】そして、ゲート電極11、ゲート絶縁膜12上の全面には、SiO₂膜、SiN膜及びSiO₂膜の順に積層された層間絶縁膜15が形成されており、ドレイン13dに対応して設けたコンタクトホールにA1等の金属を充填したドレイン電極16が設けられ、更に全面に有機樹脂から成り表面を平坦にする平坦化絶縁膜17が形成されている。

【0011】次に、有機EL素子の駆動用のTFTである第2のTFT40について説明する。

【0012】図4(b)に示すように、石英ガラス、無アルカリガラス等からなる絶縁性基板10上に、半導体膜(p-Si膜)からなる能動層43、ゲート絶縁膜12、及びCr、Moなどの高融点金属からなるゲート電極41が順に形成されており、その能動層43には、チャンネル43cと、このチャンネル43cの両側にソース43s及びドレイン43dが設けられている。そして、ゲート絶縁膜12及び能動層43上の全面に、SiO₂膜、SiN膜及びSiO₂膜の順に積層された層間絶縁膜15を形成し、ドレイン43dに対応して設けたコンタクトホールにA1等の金属を充填して駆動電源に接続された駆動電源線53が配置されている。更に全面に例えば有機樹脂から成り表面を平坦にする平坦化絶縁膜17を備えている。そして、その平坦化絶縁膜17のソース43sに対応した位置にコンタクトホールを形成し、このコンタクトホールを介してソース43sとコンタクトしたITO(Indium Thin Oxide)から成る透明電極、即ち有機EL素子の陽極61を平坦化絶縁膜17上に設けている。

【0013】有機EL素子60は、ITO等の透明電極から成る陽極61、MTDATA(4,4-bis(3-methylphenylphenylamino)biphenyl)などから成る第1ホール輸送層、及びTPD(4,4,4-tris(3-methylphenylphenylamino)triphenylamine)などからなる第2ホール輸送層のホール輸送層63、キナクリドン(Quinacridone)誘導体を含むBebq2(10-ベンゾ[h]キノリノールベリリウム錯体)などから成る発光層64及びBebq2などから成る電子輸送層からなる発光素子層65、マグネシウム(Mg)とAg(銀)の合金、あるいはフッ化リチウム(LiF)とA1の積層体などから成る陰極66がこの順番で積層形成された構造である。その発光素子層65の発光材料を所定の色を発光する材料を選択することにより、それぞれの色を発光する表示画素が構成され、図5に示すように、各色の表示画素をマトリクス状に配置することで有機EL表示装置が構成されている。

【0014】また有機EL素子は、陽極から注入された

ホールと、陰極から注入された電子とが発光層の内部で再結合し、発光層を形成する有機分子を励起して励起子が生じる。この励起子が放射失活する過程で発光層から光が放たれ、この光が透明な陽極から透明絶縁基板を介して外部へ放出されて発光する。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】このように、各色を発光する各表示画素には、その表示画素110ごとに接続された有機EL素子を駆動するためのEL素子駆動用TFTが接続されているが、これらのTFTはいずれのトランジスタサイズ、即ちTFTの半導体膜とゲート電極とが重畳した領域のチャンネルのチャンネル幅Wとチャンネル長L(図3の場合には、 $L=L_1+L_2$)との比 W/L は均一なTFTである。

【0016】また、各色を発光する各表示画素の発光層の発光効率、その発光層を構成する有機発光材料によって各色ごとに異なっている。

【0017】従って、各色のその発光効率に応じて、異なる電流値を各色の有機EL素子に供給し、他の色と同じレベルの輝度を得て各色のホワイトバランスをとるためには、駆動電源の電流値を各色ごとに異ならせるか、あるいは各表示画素に接続された第1のTFTに供給するドレイン信号の電位を各色に応じて変える必要がある。即ち、発光効率の低い色の発光層を有する有機EL素子には、発光効率の高い色の発光層を有する有機EL素子に比べて多くの電流を流さなければならなかった。

【0018】しかしながら、駆動電源の電流値を各表示画素の色ごとに異ならせるためには駆動電源線を各表示画素を配置した領域内に複雑に配置しなければならず、また、第1のTFTに供給するドレイン信号の電位を各色に応じて変えるためには、第1のTFTに信号を供給する回路構成が複雑になってしまうという欠点があった。

【0019】そこで本発明は、上記の従来の欠点を鑑みて為されたものであり、EL素子を備えた各色の表示画素のEL素子駆動用TFTのサイズを発光効率に応じて異ならせることにより、各色の表示画素のホワイトバランスを回路構成を複雑にすることなくかつ容易に制御することができるEL表示装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の表示装置は、各表示画素に、自発光素子と、該自発光素子に接続され電流を供給する自発光素子駆動用薄膜トランジスタとを備えたカラー表示装置において、各色の表示画素のうちいずれかの色の表示画素の前記自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズが異なっているものである。

【0021】また、上述の表示装置は、前記トランジスタサイズは前記自発光素子の発光効率に応じて設定され

ている表示装置である。

【0022】更に、発光効率が高い自発光素子に接続された自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズを、該自発光素子の発光効率よりも低い発光効率の自発光素子に接続された自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズよりも小さくした表示装置である。

【0023】また、最も発光効率が高い自発光素子に接続された自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズを、他の発光効率の自発光素子に接続された自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズよりも小さくした表示装置である。

【0024】更にまた、前記最も発光効率が高い自発光素子は緑色である表示装置である。

【0025】また、最も発光効率が低い自発光素子に接続された自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズを、他の発光効率の自発光素子に接続された自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズよりも大きくした表示装置である。

【0026】また、前記最も発光効率が低い自発光素子は赤色又は青色である表示装置である。

【0027】また、発光効率が低くなるにつれて前記自発光素子駆動用薄膜トランジスタのトランジスタサイズが順に大きくなる表示装置である。

【0028】また、前記自発光素子はエレクトロルミネッセンス素子である表示装置である。

【0029】

【発明の実施の形態】本発明の表示装置について以下に説明する。

【0030】図1は、本発明の表示装置をEL表示装置100に応用した場合を示し、EL素子に電流を供給するEL素子駆動用TFTの一部を拡大した平面図である。

【0031】なお、同図には各表示画素が、赤色(110R)、緑色(110G)及び青色(110B)を発光する場合であって、前述の図3に示す表示画素のうち、表示画素に配置された駆動用TFTのチャネル43c、ソース43s及びドレイン43dを備えた能動層と、ゲートとのみを拡大して示している。

【0032】同図に示すように、EL表示装置100には、複数のゲート信号線51が同図の左右方向に、また複数のドレイン信号線53が同図の上下方向に配置されており、それらの信号線51、53は互いに交差している。

【0033】それらの交点付近には、図3に示したように、両信号線51、53に接続されEL素子60に電流を供給するタイミングを制御するスイッチング用TFT30と、そのTFT30のソース13sにゲートが接続され有機EL素子60に電流を供給しその有機EL素子60を駆動するEL素子駆動用TFT40と、そのEL

素子駆動用TFT40のソース43sに陽極61が接続された有機EL素子60が形成されており、また、図1に示すように、各色の表示画素110R、110B、110Gはマトリックス状に配列されている。有機EL素子60の構造は従来の技術の欄で説明したものと同じであるので説明は省略する。

【0034】ここで、各表示画素110R、110B、110Gに接続されたEL素子駆動用TFTのトランジスタサイズW/Lについて説明する。

【0035】なお、本発明においては、TFTのトランジスタサイズとは、TFTのチャネルのチャネル幅Wとチャネル長Lとの比、即ちW/Lのことをいうものとする。

【0036】本実施の形態においては、緑色の表示画素に配置する発光材料が最も発光効率が高く、赤色の表示画素に配置する発光材料の発光効率が次に高く、青色の表示画素に配置する発光材料の発光効率が最も低い場合である。即ち、緑色の発光効率 G_{eff} と、赤色の発光効率 R_{eff} と、青色の発光効率 B_{eff} の比が、 $G_{eff} : R_{eff} : B_{eff} = 10 : 3.8 : 1.8$ の場合について説明する。

【0037】図1においてEL素子駆動用TFTのトランジスタサイズW/LのLは、 $L_1 + L_2$ である。

【0038】緑色の表示画素の発光素子層の発光材料の発光効率が最も高いので、各表示画素の駆動用TFTのトランジスタサイズ(W/L)のうち、緑色表示画素110GのW/Lを最も小さくしてTFTが形成されている。

【0039】他の色の表示画素110R、110BのW/Lは、緑色の表示画素の110GのW/Lよりも大きく形成されている。

【0040】具体的には、各色の発光効率の比が、 $G_{eff} : R_{eff} : B_{eff} = 10 : 3.8 : 1.8$ であるので、各TFTのチャネル長 $L = 5 \mu m$ の一定とした場合は、緑色表示画素のTFTのチャネル幅 $W_G = 5 \mu m$ 、赤色表示画素のTFTのチャネル幅 $W_R = 13 \mu m$ 、青色表示画素のチャネル幅 $W_B = 28 \mu m$ とする。

【0041】即ち、 $W_G : W_R : W_B = 1/G_{eff} : 1/R_{eff} : 1/B_{eff} = 1/10 : 1/3.8 : 1/1.8 = 1 : 2.6 : 5.6 = 5 : 13 : 28$ となる。

【0042】このように、W/Lを各色の発光効率に応じて設定することにより、EL駆動電源の電流値を各色ごとに調整して供給する必要もなく、また、ドレイン信号線からのドレイン信号がスイッチング用TFT30のソースからEL駆動用TFT40のゲートに供給される電圧を供給する際に、各色ごとに調整する必要もなくなる。それらの各電圧を調整することになると、駆動電源線がEL表示装置の表示領域内を複雑に配置することになりそれによって断線や短絡発生の原因となるとともに、EL素子駆動用のTFTのゲートに供給する電圧を

制御するためにスイッチング用TFTのドレインに供給する電圧を制御するための回路を別途設ける必要も無くなる。

【0043】なお、図1においては、チャンネル幅Wとチャンネル長Lのうち、チャンネル幅Wを一定にした場合を示しているが、本発明はそれに限定されるものではなく、チャンネル長Lを一定として、チャンネル幅Wを各色の表示画素で異ならせる。即ち、緑色表示画素のチャンネル幅Wを最も小さくして、青色表示画素のTFTのチャンネル幅Wを緑色表示画素の場合に比べ大きくし、更に赤色表示画素のTFTのチャンネル幅Wを大きくする。

【0044】このように、各色の表示画素に接続されたEL駆動用TFTのW/Lをその表示画素に配置された発光素子層の発光材料の発光効率に応じて異ならせることにより、駆動電源からの電圧を各色ごとに異ならせそれによって駆動電源線が複雑にEL表示装置の表示領域内に配置することが無くなるとともに、スイッチング用TFT30に供給されるドレイン信号を各色ごとに異ならせそれによって回路構成が複雑に成ることを防止することができる。

【0045】また、本実施の形態においては、発光する各色を赤、緑、緑とした場合、発光効率の最も良い緑色の表示画素に接続されたEL駆動用TFTのトランジスタサイズW/Lを最も小さく、次に発光効率の悪い赤色の表示画素に接続されたEL駆動用TFTのW/Lを大きくし、最も発光効率の悪い青色の表示画素に接続されたEL駆動用TFTのW/Lを最も大きくした場合を示したが、発光層の発光材料によっては、最も発光効率の良い色、例えば緑色と、次に発光効率の良い色、例えば赤色の表示画素と同じW/Lであって、残りの色、例えば青色の表示画素のW/Lだけが大きくても良く、また、発光効率が最も悪い青色と次に発光効率が良くない赤色の表示画素のW/Lが同じであって、残りの発光効率の最も良い色、例えば緑色の表示画素のW/Lが小さくても、本願特有の効果を奏することができる。

【0046】また、本実施の形態においては、赤色の表示画素110Rと青色の表示画素110BのW/Lを赤色の表示画素110RのW/Lの方が大きい場合について説明したが、赤色の表示画素110Rと青色の表示画素110BのW/Lの大きさの順番は、それらの発光効率が材料によって異なるため、材料によって入れ替わることがある。表示画素の各色をR、G、Bとした場合には、発光効率が最も高いGの表示画素110Gに接続されたTFTのW/Lを最も小さくする。

【0047】また、表示のホワイトバランスをとる場合、材料の発光効率以外にも、各色の発光材料の色度に応じて各色のTFTに流れる電流値を調整するが、その色度に応じてトランジスタサイズを調整しても良い。

【0048】また、本実施の形態においては、同じ色の表示画素が上下方向に並んだいわゆるストライプ配列の

場合を示したが、本発明はそれに限定されるものではなく、いわゆるデルタ配列でも採用は可能であり同様の効果を得ることができる。

【0049】また、各色の発光層の材料としては、青色発光層の場合には例えばOXD（オキサジアゾール）、AZM（アゾメチン-亜鉛錯体）などを用い、赤色発光層の場合には例えばZnPr（ポリフィリン-亜鉛錯体）などを用い、緑色発光層の場合には例えばBeBq2（10-ベンゾ[h]キノリノール-ベリリウム錯体）などを用いることができる。

【0050】このように、有機EL表示装置の各色の表示画素が、発光層の発光効率が最も良い緑色の表示画素と、この緑色の表示画素の発光効率よりも低い発光効率である赤色の表示画素と、赤色の表示画素の発光効率よりも更に低い発光効率である青色の表示画素とから成っている場合においては、緑色の表示画素に接続されたEL素子駆動用TFTのW/Lが赤色の表示画素に接続されたEL素子駆動用TFTのW/Lより小さいかあるいは等しく且つ赤色の表示画素に接続されたEL素子駆動用TFTのW/Lが青色の表示画素に接続されたEL素子駆動用のTFTのW/Lよりも小さくすることにより、駆動電源からの電流値を各色の表示画素ごとに異ならせるための駆動電源配線を複雑に配置する必要がなくなり、また、スイッチング用TFTに供給するドレイン信号にバイアス電圧を各色の信号ごとに異ならせるための周辺の回路を複雑にすることなく、容易に各色の表示画素の発光材料の発光効率に応じて電流値を制御することができるとともに、それによって容易に各色のホワイトバランスをとることができる。

【0051】また、各色の表示画素に接続されたTFTのW/Lを上述のようにすることにより、各色の輝度のバランスの制御が可能であることから、容易に良好なホワイトバランスのとれた表示を得ることができる。

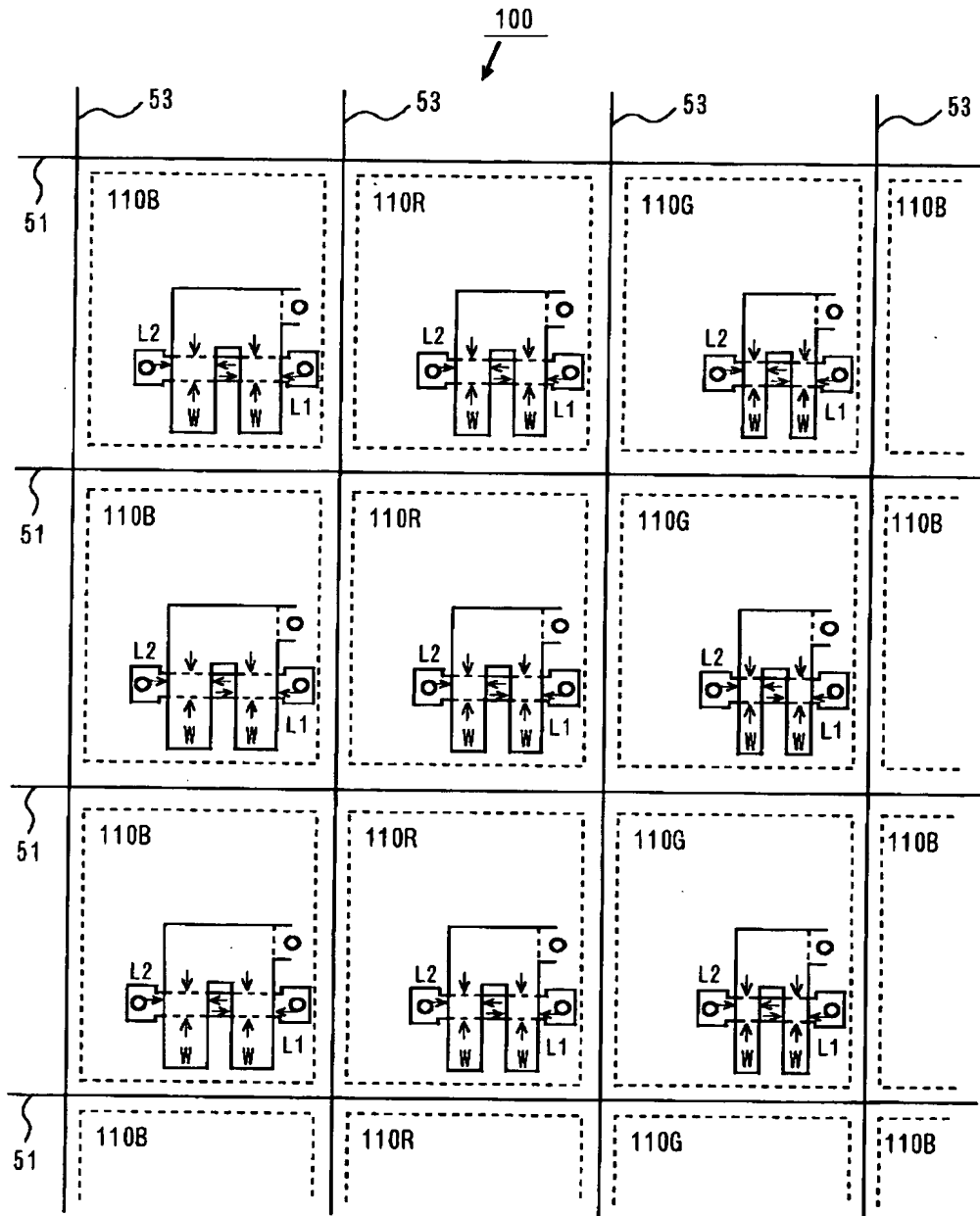
【0052】なお、本実施の形態においては、EL素子駆動用TFTは、ゲート電極がゲート絶縁膜を介して能動層の上方に設けられたいわゆるトップゲート構造を備えた場合を説明したが、本発明はゲート電極がゲート絶縁膜を介して能動層の下方に設けられたいわゆるボトムゲート構造を備えた場合にも同様の効果を奏することができる。

【0053】また、本実施の形態においてはEL表示装置のうち数画素分を示して説明したが、本発明はVGA（640×480）、SVGA（800×600）、XGA（1024×768）、SXGA（1280×1024）など、任意の表示画素数に適用可能である。

【0054】

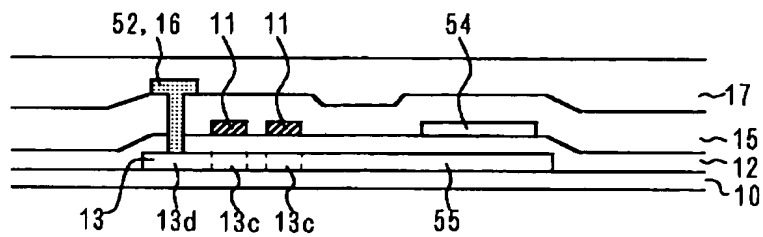
【発明の効果】本発明の表示装置によれば、各色の表示画素のホワイトバランスを回路構成を複雑にすることなくかつ容易に制御することができるEL表示装置を得ることができる。

【図1】



【図4】

(a)



(b)

